

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11084093
PUBLICATION DATE : 26-03-99

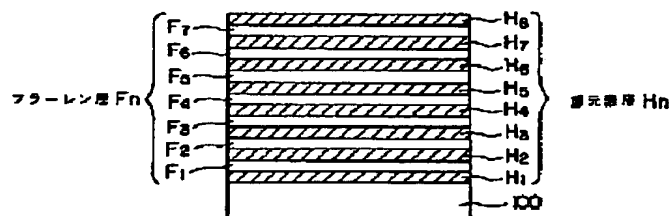
APPLICATION DATE : 10-09-97
APPLICATION NUMBER : 09285945

APPLICANT : JAPAN AVIATION ELECTRON IND LTD;

INVENTOR : NISHIDA EMIKO;

INT.CL. : G21K 1/06

TITLE : MULTIPLE LAYER FILM OPTICAL
ELEMENT FOR X-RAY



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce size, lower the price and make accurate an X-ray optical apparatus by layering light element layer fraren and heavy element layers by turns to be polymerization fullerene.

SOLUTION: By irradiating fullerene layer Fn with Ar laser, the fraren molecules in the fullerene layer mutually combine to be complex fraren. By this, reflection factor effectively increases. By repeating formation of heavy element layer Hn, formation and combination of fraren layer Fn, a multiple layer film reflection mirror making the layer Fn to be complex fraren is formed. When fraren is overlapped, spherical structure of the fullerene is destroyed and mutually combined and so the surface becomes smoother than in the case fullerene monomer is simply layered. By using complex fraren in this manner, larger reflectivity can be obtained. Furthermore by using polymerization fullerene it can be made more resistive and superior in photo-resistivity and thermal resistivity.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

INVENTOR: Ralph KURT
MATTER NO.: 306353
CLIENT REF.: P-0373.010-US
FILED: October 24, 2003
TITLE: LITHOGRAPHIC APPARATUS, OPTICAL ...

PILLSBURY WINTHROP LLP
MCLEAN, VIRGINIA

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-84093

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 2 1 K 1/06

G 2 1 K 1/06

C

審査請求 未請求 請求項の数 4 書面 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-285945

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月10日

(71) 出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号

(72) 発明者 西田 恵美子

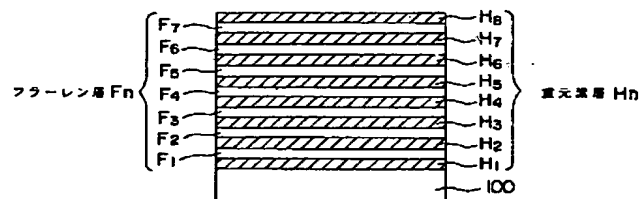
東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本
航空電子工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 X線用多層膜光学素子

(57) 【要約】

【課題】従来のX線用多層膜光学素子は直入射において十分な反射率が得られないことから、斜入射光学系を用いざるを得なかった。このためX線光学機器の大サイズ、高価格、低分解能を招き、X線光学機器の実用化の障害となってきた。本発明は、直入射においても大きな反射率を有する反射素子等のX線用光学素子を提供することによって、X線光学機器の小型、低価格、高精度化に寄与することを目的とする。

【解決手段】本願第一の発明では軽元素層にフラーレンを用い、これと重元素層を交互に積層してX線用多層膜光学素子を構成する。本願第二の発明では軽元素層と重元素層との間にフラーレンの中間層を設けたX線用多層膜光学素子を構成する。本願第三の発明では基板と重元素層、又は軽元素層の間にフラーレンの下地層を設けたX線用多層膜光学素子を構成する。本願第四の発明では上記本願第一から第三の発明の構成に加えフラーレンが重合フラーレンから構成されたX線用多層膜光学素子を構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】軽元素層と重元素層を交互に積層してなるX線用多層膜光学素子において、前記軽元素層にフラーレンを用いたことを特徴とするX線用多層膜光学素子

【請求項2】軽元素層と重元素層を交互に積層してなるX線用多層膜光学素子において、軽元素層と重元素層との間にフラーレンの中間層を設けたことを特徴とするX線用多層膜光学素子

【請求項3】軽元素層と重元素層を基板へ交互に積層してなるX線用多層膜光学素子において、前記基板と重元素層、又は軽元素層との間にフラーレンの下地層を設けたことを特徴とするX線用多層膜光学素子

【請求項1】請求項1から請求項3に記載するX線用多層膜光学素子において、前記フラーレンが重合フラーレンであることを特徴とするX線用多層膜光学素子

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光電子分光、X線顕微鏡、X線天体観測、X線リソグラフィー等に用いられるX線用多層膜光学素子に関し、特に、直入射においても高効率のX線用多層膜光学素子に関する。

【0002】

【従来の技術】X線は光電子分光、X線顕微鏡、X線天体観測、X線リソグラフィー等広く利用されることが期待されている。このため、X線領域に関して良好な特性を持つ光学素子が待ち望まれている。特に波長20から50Åの範囲はウォーター・ウィンドウ(Water Window)と呼ばれ水を透過する一方、炭素、窒素による吸収がある領域である。この領域では、大気蒸気の影響を受け難い天体観測、生体を生きたまま観察できるX線顕微鏡等の有用な応用が期待されている。

【0003】X線用光学素子として、従来から軽元素の層と重元素の層を交互に積層した多層膜反射鏡が試作されている。これを図5に示す。基板100の上に軽元素層 L_n (L_1 、 L_2 、...)と重元素層 H_n (H_1 、 H_2 、...)が交互に積層されている。軽元素層 L_n として例えば炭素が、重元素層 H_n として例えばニッケル、あるいはタングステンが用いられ、 Ni/C あるいは W/C の積層構造が例えば数百層に渡って形成されている。この積層構造の作成は例えば蒸着、スパッタリング等適宜の成膜法を用い、軽元素と重元素とを基板100に交互に成膜することで行える。

【0004】この多層膜構造が反射素子として機能するのは、X線に対する物質の屈折率が軽元素では小さく重元素では大きいことによっている。軽元素層 L_n と重元素層 H_n の境界で屈折率が異なっていたため、この境界でX線が反射される。このとき境界一つのみではX線に対して大きな反射量を確保することはできないが、層の数

を大きくすることで各境界で反射されるX線を集積し大きな反射量を得ることができる。ここで、反射率を大きくするためには、各境界で反射されるX線相互の位相を合せることが重要である。このために各軽元素層 L_n 、及び重元素層 H_n の屈折率と膜厚の積を一定に保つ必要がある。炭素はX線の波長44Åに吸収端(K吸収端)を有し、この波長程度以上のX線の吸収が極めて小さい。このため、軽元素として炭素を用いることで波長44Å付近のX線での反射素子を実現できることになる。

【0005】ここで、反射素子の面にはほぼ垂直な方向からX線が入射する、いわゆる直入射の場合においてはまだ十分な反射率が得られていないことから、光学素子の面に対して斜めにX線を入射させる、いわゆる斜入射光学系が用いられている。しかし、斜入射光学系では光学素子をX線の光軸に対して斜めに配置することから、直入射系に比して、より大面積の反射鏡が必要となり光学系が大きくなる。このため、製造コストも大きかった。また、斜入射光学系では非点収差が大きくなり空間分解能が低下する問題もある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上のように従来のX線用光学素子は直入射において十分な反射率が得られないことから、斜入射光学系を用いざるを得なかった。このためX線光学機器の大サイズ、高価格、低分解能を招き、X線光学機器の実用化の障害となってきた。本発明は、直入射においても大きな反射率を有する反射素子等のX線用光学素子を提供することによって、X線光学機器の小型、低価格、高精度化に寄与することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本願第一の発明では軽元素層にフラーレンを用い、これと重元素層を交互に積層してX線用多層膜光学素子を構成する。本願第二の発明では軽元素層と重元素層との間にフラーレンの中間層を設けたX線用多層膜光学素子を構成する。本願第三の発明では基板と重元素層、又は軽元素層の間にフラーレンの下地層を設けたX線用多層膜光学素子を構成する。本願第四の発明では上記本願第一から第三の発明の構成に加えフラーレンが重合フラーレンから構成されたX線用多層膜光学素子を構成する。

【0008】

【発明の実施の形態】図1に本願発明の第一の実施例であるX線用多層膜反射鏡を示す。基板100上にフラーレンからなる層 F_n (F_1 、 F_2 、...)と重元素層 H_n (H_1 、 H_2 、...)が交互に積層されている。ここで、重元素層 H_n としてはニッケルを用いており、層の数はフラーレン層 F_n 、重元素層 H_n 共に500層としている。このX線用多層膜反射鏡の作成は以下のように行える。まず、平滑な基板100を用意する。基板100は、例えばガラス材料を利用できる。重元素

層Hnの形成は成膜方法一般、例えばIBS (Ion Beam Sputtering) 法を利用できる。また、フラーレン層Fnの形成はフラーレンを蒸着あるいはMBE (Molecular Beam Epitaxy) 法で成膜することで行える。具体的には、真空中でフラーレンを400℃程度に加熱するとフラーレンのC60構造が壊れることなく蒸発する。この蒸気が基板100上で固相となり、フラーレン層が形成される。このとき、基板を適宜加熱すると形成されたフラーレンの層はより強固なものとなる。このように重元素層Hnの形成、フラーレン層Fnの形成の工程を繰り返し行うことでX線用多層膜反射鏡が形成される。

【0009】次に本実施例におけるX線の直入射における反射率を図2に示す。図2はシミュレーション結果のグラフを示し、グラフの横軸がX線の波長で縦軸が反射率である。ここでは実施例のフラーレンを用いたX線用

$$n = 1 - \delta - 1 * \beta \quad \dots (1)$$

$$\delta = (Na * r_e * \lambda^{-2} / (2 * \pi)) * f_1 \quad \dots (2)$$

$$\beta = (Na * r_e * \lambda^{-2} / (2 * \pi)) * f_2 \quad \dots (3)$$

ここで、Naは原子密度、 r_e はいわゆる古典電子半径、 λ はX線の波長、 i は虚数単位である。また、 f_1 、 f_2 は原子によるX線の散乱吸収をあらわす因子であり、元素の種類、X線の波長に依存する。この因子が原子番号が大きくなるとともに大きくなる傾向にあることが、重元素と軽元素を組み合わせて屈折率差を大きくできる理由となっている。ところで、上記(1)、(2)、(3)の式から、X線領域の屈折率 n が原子密度Na、ひいては膜の密度に比例することが判る。従い、重元素層Hnは原子番号の大きな元素を選択する以外にも、膜密度が大きな材料を選択する必要がある。また、軽元素層Lnについても原子番号に加え、膜密度が重要な選択肢であることが判る。フラーレンは炭素原子が60個集まった中空の球形状、いわゆる籠型をしている。このように中空形状をしているため、一般の炭素の層より小さな膜密度をしているのである。例えば、スパッタリング成膜法で形成した炭素の層の膜密度が2.5 g/cm³であるのに対して、フラーレンを蒸着した場合はわずか1.7 g/cm³である。このことがフラーレン層の屈折率を一般の炭素の層より小さな屈折率としている。これによって図2の結果を説明できる。

【0011】今まではフラーレンそのものを使用した場合を示したが、フラーレンを重合することでより反射率が大きくなる効果が得られる。フラーレンの重合には光重合を用いることができる。例えばArレーザでフラーレン層Fnを照射することで、フラーレン層Fnのフラーレン分子は相互に結合し重合フラーレンとなる。重元素層Hnの形成、フラーレン層Fnの形成、フラーレンの重合の工程を繰り返し行うことで図1においてフラーレン層Fnを重合フラーレンとしたX線用多層膜反射鏡が形成される。重合フラーレンを用いることでX線用多

層膜反射鏡を、従来の軽元素として炭素を用いた測定結果に対比して示している。実線が第一の実施例に係るもので、破線が軽元素として炭素を用いたものである。いずれの線も44Å以下では反射率が小さく、44Å付近で反射率が急激に立ち上がっている。これは炭素の吸収端が44Åに存在するため、これ以下の波長での吸収が大きいことによる。実施例を示す実線は破線よりもすべての波長範囲で大きな反射率を示している。

【0010】フラーレンは構成原子としては炭素であるにも拘わらず、軽元素層Lnとして炭素そのものを用いた場合より大きな反射率が得られるという結果は、次のようにして説明できる。直入射で高反射率を得るためには低屈折率の軽元素層と高屈折率の重元素層を屈折率差が大きな組み合わせを選ぶことが重要である。ここで、X線領域の屈折率 n は次のように与えられる。

層膜反射鏡の反射率が大きくできるのは以下のようにして説明できる。一般にX線用多層膜反射鏡の反射率向上には屈折率値以外にも要因がある。それは多層膜の周期が各層でそろっていること及び多層膜表面、多層膜間界面が平滑であることである。多層膜の周期がそろってことで各層の界面で反射されたX線の位相が揃い、より大きな反射強度が期待できることになる。また、多層膜の界面が荒れていると、この面でX線は乱反射され、大きな反射率が得られなくなる。フラーレンを重合するとフラーレンの球形状の構造が崩れて相互に結合するため、重合フラーレンの表面はフラーレン単体を単に積層した場合よりも表面が平滑になる。また、このことが膜厚を均一にすることとなり、ひいては多層膜の周期を正確に制御して製作することを容易に行えることにもつながる。このようにして、重合フラーレンを用いることで、より反射率の大きなX線用多層膜反射鏡を得ることができる。

【0012】さらに重合フラーレンを用いることでX線用多層膜反射鏡の耐久性、光耐力あるいは耐熱性に優れたものとできる。即ち、フラーレン層Fnにおいてこれがフラーレンで構成されているときはフラーレン分子間は比較的弱いファンデル・ワールス力によって結合している。これに対して、重合後の重合フラーレンはC-C結合によって相互に結合しており、その結合力はより大きい。このため、重合フラーレンを用いることでより大強度のX線、あるいは高温条件下でも長期間に渡って反射率が低下することがない。以下に示す第二、第三の実施例においてフラーレンを重合フラーレンとした場合にも、これと同様の効果が得られる。

【0013】次に本発明の第二の実施例であるX線用多層膜反射鏡を図3に示す。ここでは基板100上に軽元

素層 L_n と重元素層 H_n が積層され、軽元素層 L_n と重元素層 H_n の間にフラーレンの中間層 F_{nm} ($F10$ 、 $F11$ 、 $F20$ 、 $F21$ 、...)が形成されている。これは各層を蒸着等の成膜方法で周期的に形成することで実現できる。フラーレンの中間層 F_{nm} を軽元素層 L_n と重元素層 H_n の間に介在させることで軽元素層 L_n と重元素層 H_n の界面での相互拡散を防止でき、反射率の向上が図れる。これを以下に示す。X線用多層膜反射鏡の作成中、使用時に各層間で材料の相互拡散が起きることが考えられる。相互拡散が生じると軽元素層 L_n の屈折率が大きくなり軽元素層 L_n と重元素層 H_n の屈折率差が小さくなることから、層界面での反射強度が小さくなっていく。相互拡散を抑制することで、反射率の向上が図れる。フラーレンは60個もの原子が強固に結びつき原子単体に比べて極めて大きいので、フラーレン自体が拡散し難くなっている。また、フラーレンは球上の表面に原子が密に詰まっているため、この表面を他の原子が潜り抜けることが難しくなっている。これらのため、フラーレンの中間層を介することで原子の拡散が抑制される。この結果、X線用多層膜反射鏡の反射率の向上が図れる。ここで特に、フラーレンを重合し重合フラーレンとすることがより効果的である。フラーレン分子同士が結ぶつくことで、フラーレン分子間へ他の原子が侵入することを防止できるからである。

【0014】さらに本願第三の実施例に係るX線用多層膜反射鏡を図4に示す。ここでは基板100上にフラーレンの下地層 FO が形成されその上に軽元素層 L_n と重元素層 H_n が交互に積層されている。軽元素層 L_n と重元素層 H_n の多層膜と基板100の間にフラーレン下地層を設けているので、多層膜と基板100との間での相互拡散が防止でき、多層膜反射鏡の反射率向上に繋がる。また、このようにすると基板の材料に拡散しやすい材料を使用することがより容易になり、基板の材料選択の余地が広がる効果が得られる。この場合もフラーレンを重合し重合フラーレンとすることが、相互拡散防止により有効である。

【0015】以上、反射鏡について説明したが、本発明は反射鏡そのものでなくても反射効果を活用したX線用光学素子に利用できる。例えば、グレーティングを形成した基板上に多層膜を積層した多層膜回折格子等の分光素子、X線ビームの一部を反射し一部を透過することで一つのビームを複数のビームに分離するビームスプリッタに本発明を適用できる。その結果、回折効率のよい多

層膜回折格子、ビームの利用効率のよいビームスプリッタ等多数の高特性X線用光学素子を実現することが可能となる。

【0016】

【発明の効果】本発明の適用によって、反射鏡の反射率向上、回折格子の回折効率向上等のX線光学素子の特性を向上させる効果を得ることができる。特に直入射領域で高効率のX線光学素子を得ることが可能となり、ひいてはX線光学機器の小型化、高性能化に寄与することになる。

【0017】請求項1の発明においてはフラーレンを軽元素層として用いることにより、膜密度の低減によりX線光学素子の特性を向上させる効果が得られる。特にフラーレンを重合フラーレンとすることで、層境界面の平滑性向上、多層膜周期性の向上により上記効果が促進される。請求項2の発明においては軽元素層と重元素層の間にフラーレン層を介在させることで、各層間での材料拡散を防止し、界面を急峻なものとするので、上記効果が達成される。フラーレンを重合フラーレンとすれば材料拡散の低減により有効であり、上記効果の達成に有効である。請求項3の発明では多層膜と基板間に下地フラーレン層を介在させることで、多層膜と基板間での材料拡散を防止し、界面を急峻とすることで、上記効果を奏する。フラーレンを重合フラーレンとすることはやはりこの効果の達成に寄与する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の第一の実施例に係るX線用多層膜反射鏡の断面図である。

【図2】本願発明の第一の実施例に係るX線用多層膜反射鏡の反射率を従来のX線用多層膜反射鏡と比較して示すグラフである。

【図3】本願発明の第二の実施例に係るX線用多層膜反射鏡の断面図である。

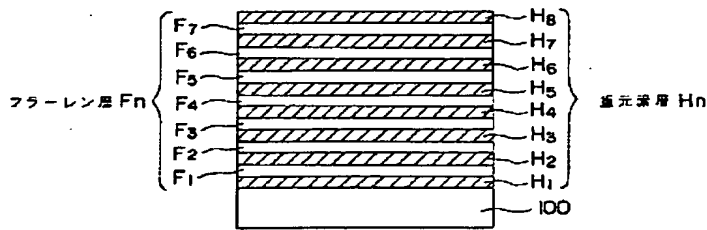
【図4】本願発明の第三の実施例に係るX線用多層膜反射鏡の断面図である。

【図5】従来のX線用多層膜反射鏡の断面図である。

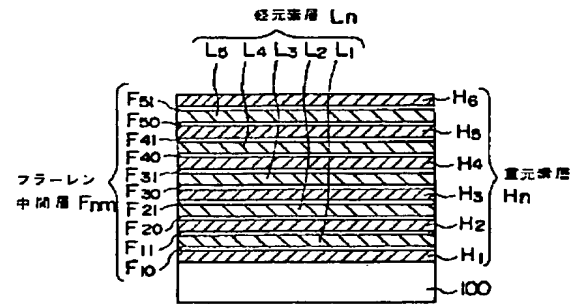
【符号の説明】

100	基板
L_n	軽元素層
H_n	重元素層
F_n	フラーレン層
F_{nm}	フラーレン中間層
FO	フラーレン下地層

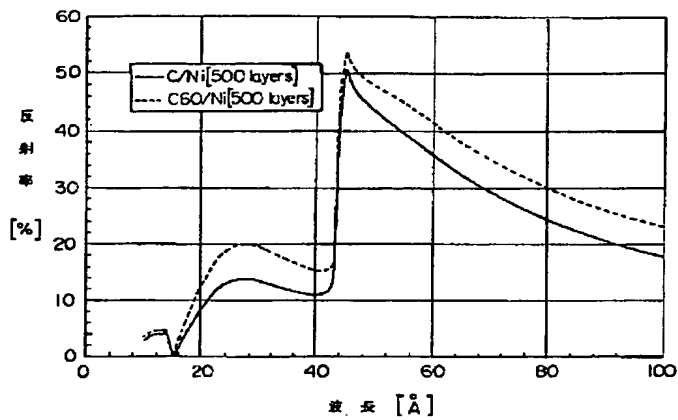
【図1】



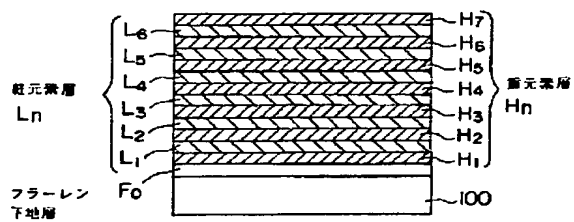
【図3】



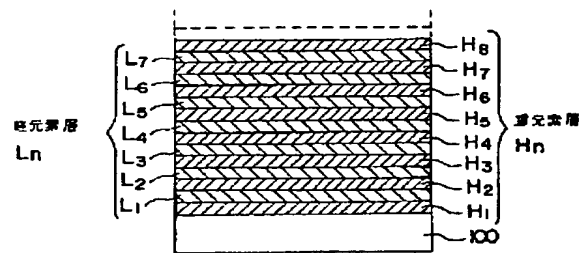
【図2】



【図4】



【図5】



INVENTOR: Ralph KURT
MATTER NO.: 306353
CLIENT REF.: P-0373.010-US
FILED: October 24, 2003
TITLE: LITHOGRAPHIC APPARATUS, OPTICAL ...

PILLSBURY WINTHROP LLP
MCLEAN, VIRGINIA